

[54] Title of the Invention: Thin film piezoelectric
oscillator

[11] Japanese Patent Laid-Open No.: S58-29211

[43] Opened : February 21, 1983

[21] Application No.: S56-127057

[22] Filing Date : August 13, 1981

[72] Inventor : Yoichi Miyasaka, et al.

[71] Applicant : Nippon Electric Co., Ltd.

[51] Int. Cl. : H03H 9/24

[What is claimed is]

1. A thin film piezoelectric oscillator of multilayer structure comprising a thin film member, and an electrode, a piezoelectric thin film, an electrode, and a thin film member sequentially formed on this thin film member.

2. The thin film piezoelectric oscillator of claim 1, wherein the thin film members formed above and beneath the piezoelectric thin film are formed of a same material having an equal thickness.

3. The thin film piezoelectric oscillator of claim 1, wherein the thin film members formed above and beneath the piezoelectric thin film are formed of mutually different materials, and the thickness ratio of the upper and lower thin films is equal to the ratio of sonic velocity in these thin films.

THIS PAGE BLANK (CP70)

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is a sectional view showing a structure of a conventional thin film piezoelectric oscillator, in which reference numeral 11 is a substrate of silicon or rock crystal, 12 is a hole formed in the substrate by etching, 13 is a thin film member, 14 is a piezoelectric thin film, and 15, 16 are counter electrodes.

Fig. 2 is a diagram showing theoretical curves of electromechanical coupling coefficient k^2 of the thin film piezoelectric oscillator having the structure of Fig. 1. In the diagram, numeral given to each curve denotes the number of degree of vibration.

Fig. 3 is a sectional view showing a structure of a thin film piezoelectric oscillator of the invention, in which reference numeral 31 is a substrate of silicon or rock crystal, 32 is a hole formed in the substrate by etching, 33 and 34 are thin film members, 35 is a piezoelectric thin film, and 36, 37 are counter electrodes.

Fig. 4 is a diagram showing changes of electromechanical coupling coefficient k^2 in terms of the ratio t_{34}/t_{33} of thickness t_{34} of thin film member 34 and thickness t_{33} of thin film member 33 in the thin film piezoelectric oscillator having the structure of Fig. 3. In the diagram, numeral given to each curve denotes the number of degree of vibration.

Fig. 5 is a diagram showing stress distribution in vibration

THIS PAGE BLANK (SPN)

positions of the thin film piezoelectric oscillator of the invention. At A, B, C, D in the diagram, a, b, c, d are stress distribution of basic vibration, and vibration of degree 2, degree 3, and degree 4, respectively. In the diagram, reference numeral 41 is a piezoelectric thin film, 42, 43 are thin film members, and 44, 45 are electrodes.

Fig. 6 is a diagram showing theoretical curves of electromechanical coupling coefficient k^2 of the thin film piezoelectric oscillator of the invention. In the diagram, numeral given to each curve denotes the number of degree of vibration.

Fig. 7 and Fig. 8 are diagrams showing impedance characteristic of thin film piezoelectric oscillator in embodiment 1 and embodiment 2 of the invention, respectively. The axis of abscissas denotes the frequency expressed in the unit of MHz, and the axis of ordinates represents the absolute value of impedance expressed in the unit of decibel.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—29211

⑬ Int. Cl.³
H 03 H 9/24

識別記号

庁内整理番号
7190—5 J

⑭ 公開 昭和58年(1983)2月21日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 8 頁)

⑮ 薄膜圧電振動子

⑯ 特 願 昭56—127057

⑰ 出 願 昭56(1981)8月13日

⑱ 発 明 者 宮坂洋一

東京都港区芝五丁目33番1号日
本電気株式会社内

⑲ 発 明 者 高橋貞行

東京都港区芝五丁目33番1号日
本電気株式会社内

⑳ 出 願 人 日本電気株式会社

東京都港区芝5丁目33番1号

㉑ 代 理 人 弁理士 内原晋

明 細 書

発明の名称 薄膜圧電振動子

特許請求の範囲

1. 薄膜部材とこの薄膜部材の上に電極、圧電薄膜、電極、薄膜部材の順で形成されている多層構造を有することを特徴とする薄膜圧電振動子。
2. 圧電薄膜をはさんで、その上下に形成する薄膜部材は等しい厚さを有する同一の材料からなることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の薄膜圧電振動子。
3. 圧電薄膜をはさんでその上下に形成する薄膜部材はそれぞれ異なる材料からなり、しかも上下の薄膜の厚さの比は、それぞれの薄膜中の音速の比に等しいことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の薄膜圧電振動子。

発明の詳細な説明

本発明は圧電薄膜を用いた VHF, UHF 用高周波圧

電振動子に関し、特に薄膜部材と、圧電薄膜との組合せからなる複合構造の振動部位を有する薄膜圧電振動子に関するものである。薄膜圧電振動子は、基本的には圧電性薄板の両側に電極を備えた構造をしており、電極形状を変えることにより、フィルタや発振器等にも利用でき、応用範囲の広い素子である。

一般に数十 MHz 以上のような高い周波数で使用される圧電振動子は、振動モードとして板面が厚さに比して十分広い圧電性薄板の厚み振動を使用する。

厚み振動の共振周波数は圧電性薄板の厚さに反比例するので高い周波数で使用するためには厚さを薄くしなければならない。しかし、厚さが 40 ミクロン程度以下になると圧電材料であるバルク結晶やセラミックスの平行平面研磨加工が非常に難しくなり、したがってこれらの材料を用いて基本共振周波数で 50 MHz 以上の厚み振動圧電振動子を量産することは困難である。これに対して、バルク結晶或いはセラミック等の比較的厚い板面の

厚み振動の奇数次の高調波を使用すれば、同じ厚みで基本波の3倍、5倍……等の共振周波数が得られ、これはオーバートーン振動子として発振器などに使われている。しかし第 n 次の高調波を用いた場合の電気機械結合係数 k_n^2 は基本波の電気機械結合係数 k_1^2 の $1/n^2$ 倍となり、このとき共振周波数と反共振周波数の間隔と共振周波数との比は、ほぼ $k^2/2n^2$ となる。したがって高調波を使ったのでは電気機械結合係数の減少に伴ってフィルタの比帯域幅及び発振器の制御範囲が狭くなりすぎる結果を招き、これまた実用に適さないことが多い。

高調波を用いる他の方法は、基板の上に圧電薄膜を作成し圧電薄膜の厚さが半波長であるような共振モードに於いて基板を高次振動させるものであり、この場合基板の厚さが基板内を伝播する音波の半波長の整数倍に等しいときに電気機械結合係数は最大値を持つが、この値は共振モードが高次になるに従ってやはり減少する。この方法に於いても基板を薄くすることは非常に困難であり、

はCdTeを用いているため音響的クオリティファクター(Q)が小さく、温度係数が大きく、また振動部分が薄いため機械的強度が小さいという欠点を有している。また現在圧電材料として薄膜化が可能なZnOを用いても前記の欠点はあまり改善されない。上記の特公昭45-25579においてはシリコン基板上にSiO₂薄膜を形成しその上に電極、圧電薄膜、電極の順で形成し、この振動部分に対応する部分の基板をエッチングによって除去し、振動部分がSiO₂薄膜とその上下面に電極を有する圧電薄膜からなり、外縁部を基板によって支持された構造の薄膜圧電振動子も開示されている。SiO₂薄膜を形成した効果はこのSiO₂薄膜の部分でエッチングを止める効果の他に、当該振動子の機械的強度を高め、振動子特性の温度係数を小さくする効果を有する。この振動子について第1図、第2図を用いてさらに詳しく説明する。

この薄膜圧電振動子の構造を第1図に示す。第1図に於いて11は基板、12はエッチングによって基板に形成した空孔である。13は薄膜、14

例えば50ミクロン程度の基板を作製できたとしても50MHz以上の周波数では3~5^次以上の共振モードを用いることになり、電気機械結合係数が小さくなるため基板の厚さを音波の半波長の整数倍に一致させたとしてもフィルタの比帯域幅及び発振器の制御範囲は狭くなり実用に適さない。

上記のような方法の欠点を改善した圧電振動子を得る方法として、シリコン基板上に蒸着等によって電極(金、アルミニウム等)圧電薄膜(CdS又はCdTe)電極(金、アルミニウム等)の順で形成し、この振動部分に対応する部分の基板をエッチングによって除去することにより振動部分はその上下面に電極を有する圧電薄膜からなり、外縁部を基板によって支持された構造の薄膜圧電振動子が公知である。(特公昭45-25579)この振動子は振動部分が薄いため50MHz以上の高い周波数においても基本振動あるいは低次の高調波振動を使用することができ、したがって広い比帯域のフィルタを実現することができる。しかしこの薄膜圧電振動子は圧電薄膜としてCdSあるいは

は圧電薄膜、15、16は圧電薄膜の両面に対向して設けた電極である。第1図の構造の薄膜圧電振動子の電気機械結合係数 k^2 は薄膜13の厚さ t と圧電薄膜14の厚さ l の比によって変化する。たとえば圧電薄膜14としてZnO薄膜を用い、薄膜13としてSiO₂薄膜を用いた、 k^2 を理論式から求めると k^2 は薄膜13の厚さ t と圧電薄膜14の厚さの比 t/l にしたがって第2図のように変化する。第2図に於いて横軸は厚さの比 t/l 、縦軸は電気機械結合係数 k^2 であり、曲線に記した数字は振動の次数を示す。第2図から予想されるように、第1図の構造の薄膜圧電振動子では基本振動を用いる場合、圧電薄膜14に対して薄膜13の厚さが十分薄いたとえば $t/l < 0.2$ であるような範囲で大きな電気機械結合係数が得られ、したがって比帯域幅の広いフィルタ或いは制御範囲の広い発振器として利用できる。しかし第3次或いは第4次の高調波振動も比較的大きな電気機械結合係数を有することが第2図から予想され、したがって高周波側に第3次或いは第4次の高調波共振に

伴う不要応答が生じるという欠点がある。一方、第1図の構造で圧電薄膜14に対して薄膜13の厚さ t を $\frac{1}{2} > 0.2$ のように大きくすることは振動子部分の機械的強度を高める上で有利であるが、第2図からわかるように薄膜13の厚さ t の増大に伴って基本振動の電気機械結合係数は減少し、さらに第2次の高調波振動の電気機械結合係数が増大する。したがって、薄膜13の厚さが厚い場合には、フィルタの比帯域幅が狭くなる、或いは発振器の制御範囲が狭くなるという欠点を有すると同時に、高周波側に第2次の高調波共振に伴う不要応答が生じるという欠点を有する。

本発明の目的は上記のような従来の薄膜圧電振動子の欠点を除き、基本振動の電気機械結合係数が大きく、高次振動の電気機械結合係数が極めて小さい薄膜圧電振動子を実現することであり、本発明の薄膜圧電振動子を用いれば高周波側に不要応答がなく、広い比帯域幅を有するフィルタ或いは制御範囲の広い発振器が実現できる。本発明の薄膜圧電振動子の最たる特徴は振動部位が薄膜部

材—電極—圧電薄膜—電極—薄膜部材から成る多層構造を有する点にある。

以下に本発明を詳細に説明する。第3図は本発明の薄膜圧電振動子の基本的な構造を示す図である。第3図において31はシリコン、水晶などからなる基板であり、32はエッチングによって基板に形成した空孔である。33、34は薄膜部材、35は圧電薄膜、36、37は圧電薄膜と上下の薄膜部材との界面に設けた電極である。基板31に用いる材料としてはエッチングで空孔を形成することが可能な材料であればどのような材料でも良い。望ましい材料の一つとして表面が(100)面であるようなシリコンがある。このようなシリコンは、たとえばKOH、エチレンジアミンのようなエッチング液を使用すれば、(100)面のエッチング速度に比較して(111)面のエッチング速度が非常に小さいというエッチングの異方性を示すことにより面方向へのエッチングの妨げが極めて小さく、したがって精度良く空孔の寸法を制御できる利点がある。圧電薄膜35としてはZnO、

CdS、AlNなどの結晶系が六方晶系の圧電材料やPbTiO₃、PZT、BaTiO₃など種々の圧電材料を使用することができる。なかでもZnOはスパッタリング法、CVD法、イオン・プレーティング法などによってC軸が基板面に対して垂直に配向し、かつ高い抵抗率の薄膜を再現性良く作製でき、しかも厚みたて振動モードのエネルギー閉じ込めが可能であるため最適な材料といえよう。薄膜部材としては絶縁体、シリコンなどの半導体、あるいは金属の薄膜など、どのような材料を使用しても、本発明の目的が達成される。中でも第3図33、34の薄膜部材として共にSiO₂薄膜を使用すると一般に圧電薄膜の弾性定数が負の温度係数を有するのに対し、SiO₂の弾性定数は正の温度係数を有することが知られており、したがって温度依存性の小さい薄膜圧電振動子を実現できる。またシリコンは機械的強度が高く、音響的クオリティ・ファクタ(Q)が大きいところから、特に振動部位の厚さの薄いたことが要求される300MHz以上のような高い周波数に於いてもシリコン薄膜を薄膜

部材として用いれば振動部位の機械的強度を高めることができる。また特に損失の小さいフィルタ或いは共振の尖鋭度の大きな共振子が要求される場合にも薄膜部材にシリコン薄膜を用いればその大きな音響的クオリティ・ファクタ(Q)により要求を実現することができる。この場合には第3図33の薄膜部材としてシリコン薄膜を使用し、薄膜部材34としてはSiO₂薄膜を使用するが温度特性の観点からも望ましい。ただしこの薄膜部材の材料としてはSiO₂やSiに限らず他の絶縁材料や半導体材料、さらには金属材料も使用可能である。

次に圧電薄膜の上下に形成された薄膜を有する本発明の薄膜圧電振動子において電気機械結合係数 k^2 と該薄膜の厚さの関係を第4～6図を用いて説明する。

第4図は第3図の構造において圧電薄膜35が厚さ t のZnO薄膜であり薄膜部材33、34が共にSiO₂薄膜であってこの2つの薄膜の合計の厚さが $\frac{1}{2}$ に等しい場合について、薄膜部材33の

厚さ t_{33} と薄膜部材 3 4 の厚さ t_{34} との比 t_{34}/t_{33} を変化させた場合の電気機械結合係数 k^2 の変化を理論式から求めたものである。第 4 図に於いて曲線に付した数字は振動の次数を示す。 $t_{34}/t_{33}=0$ は前述の従来例で片面だけに薄膜部材を有する構造の場合に対応する。第 4 図から明らかなように薄膜部材 3 4 の厚さが増大するに伴って基本振動の電気機械結合係数が急速に増大し、偶数次の高次振動の電気機械結合係数は逆に急速に減少してゆく。

すなわち従来の構造に比べ圧電薄膜の上下に薄膜を形成し、これらの薄膜の厚さをしだいに等しくなるように変化させてゆくと振動子の特性は大きく改善されてゆく。特に両面の薄膜部材の厚さが等しくなったときに基本振動の電気機械結合係数が最大となり、また偶数次の高次振動は完全に抑圧され、最適な振動子特性が得られる。薄膜部材 3 3 と薄膜部材 3 4 が異なる材料からなる場合にも第 4 図と同様の変化を示すがこのときには、それぞれの薄膜部材の厚さがそれぞれの薄膜での

音速に対して等しい比を有するような厚さの比において基本振動の電気機械結合係数が最大となり、かつ偶数次の高次振動が完全に抑圧される。例えば薄膜部材 3 3 が音速 8430 m/s のシリコン薄膜であり、薄膜部材 3 4 が音速 5960 m/s の SiO_2 薄膜であれば厚さの比 t_{34}/t_{33} が 0.71 に等しいときに基本振動の電気機械結合係数が最大となり、かつ偶数次の高次振動が完全に抑圧される。

次に当該薄膜の厚さが等しいとき、あるいは薄膜材料が異なる場合においてそれぞれの厚さが音速に対して等しい比を有するような厚さの比である場合について説明する。

第 5 図は第 3 図の薄膜部材 3 3, 3 4 が等しい厚さの同一の材料からなるか、あるいは異なる材料からなりそれぞれの薄膜部材の厚さの比がそれぞれの薄膜での音速の比に等しい比を有するように形成された場合の振動部位に於ける厚みたて振動の応力分布を示した図であり、A, B, C, D はそれぞれ基本振動、2 次、3 次、4 次の高次振動についての応力分布イ、ロ、ハ、ニである。第

5 図において 4 1 は圧電薄膜、4 2, 4 3 は薄膜部材、4 4, 4 5 は電極である。薄膜部材 4 2, 4 3 のそれぞれの外側で応力は零であり、応力が零の点の左右で応力の向きは逆である。第 5 図 B 及び D からわかるようにこのような多層構造では第 2 次、第 4 次のような偶数次の高次振動に於いて圧電薄膜中すなわち電極の間の応力の積分は零となり、したがって偶数次の高次振動は励振されない。また第 5 図 A からわかるようにこのような多層構造では基本振動に於いて圧電薄膜が応力最大の付近に位置しているため、従来のような圧電薄膜の一方の面だけに薄膜部材を有する構造に比べさらには両面の薄膜の厚さが異なる場合に比べても大きな電気機械結合係数が得られる。第 5 図では薄膜部材 4 2, 4 3 が等しい厚さの同一の材料からなるか、あるいは異なる材料からなりそれぞれの薄膜部材の厚さの比がそれぞれの薄膜での音速の比に等しい比を有する場合を示したが、第 4 図に示したように薄膜部材の厚さについて上記のように限定しない場合でも薄膜部材の厚さが比

較的に近い範囲では第 3 図のごとく多層構造とすることにより、第 1 図に示した従来の構造に比べて偶数次の高次振動を抑制し、基本振動の電気機械結合係数が大きな薄膜圧電振動子が得られる。

次に第 6 図は上記のような本発明の原理及び特徴をより詳しく説明するために第 3 図の構造の薄膜圧電振動子について、一例として薄膜 3 3 及び 3 4 が等しい厚さを有する SiO_2 薄膜であって、圧電薄膜 3 5 が ZnO である場合の電気機械結合係数 k^2 を理論式から求めたものである。第 6 図において横軸は薄膜 3 3 及び 3 4 の厚さの和 t と圧電薄膜 3 5 の厚さ l との比、縦軸は電気機械結合係数 k^2 であり曲線に記した数字は振動の次数を示す。第 6 図から明かなように、第 3 図の構造の薄膜圧電振動子においては第 2 次、第 4 次などの偶数次の高次振動はまったく励振されないばかりでなく、たとえば $l/t > 0.2$ のように圧電薄膜の上下の薄膜を厚くした場合の基本振動の電気機械結合係数 k^2 は従来の構造では第 2 図のように急速に減少するのに対し、第 3 図の構造では非常に

ゆるやかに減少するという特長を有する。圧電薄膜の上下の薄膜の厚さをたとえば $t_1 > 0.2$ のように厚くすることは特に振動子の厚さが薄いことが要求される 300MHz 以上の周波数において振動子の機械的強度を高める点で有利であり、また特にシリコン膜を用いるとさらに振動子の音響的なクオリティ・ファクタ Q を大きくする点で有利であるが、本発明による第3図の構造の薄膜圧電振動子では上記のような特長を有する結果、圧電薄膜の上下の薄膜の厚さを厚くした場合でも基本振動の電気機械結合係数が大きく、高次振動による不要応答の小さい薄膜圧電振動子が実現できる。また圧電薄膜の上下の薄膜が薄い場合にも、従来の構造では第4次の高次振動が強く励振されるのに対し、本発明による第3図の構造においては第4次の高次振動は完全に抑制される。特に第6図において $t_1 \sim 0.3$ 付近では第3次、第5次の高次振動の電気機械結合係数は共に小さく、かつ基本振動の電気機械結合係数は最大となる。したがって圧電薄膜の上下の薄膜が薄い場合にも基本振

した Si_3N_4 薄膜をマスクとして振動部位にあたるシリコン基板をエチレンジアミン、ピロカテコール及び水からなるエッチング液を用いてエッチングし、空孔を形成した。上記の工程によって第3図の構造の薄膜圧電振動子を製造した。この薄膜圧電振動子のインピーダンス特性は第7図のようであり、インピーダンス特性から求めた基本振動の電気機械結合係数 k^2 は第6図の値に一致し、0.08であった。また第5図からわかるように、偶数次の高次振動は励振されず、第3次及び第5次の高次振動が非常に小さく励振されるのみであった。

〔実施例2〕

表面が(100)面であるようなシリコン基板にホウ素を $10^{20}/\text{cm}^3$ の濃度ドーピングしたシリコン薄膜を 2.12 μm の厚さにエピタキシャル成長させた。このシリコン薄膜の上に実施例1と同様の工程で Au/Cr 電極、厚さ 5 μm の ZnO 薄膜、 Al 電極を順に形成し、さらにスパッタリング法を用いて 1.5 μm の SiO_2 薄膜を形成した。シリコン、 SiO_2 の音

速の電気機械結合係数が大きく、高次振動による不要応答の小さい薄膜圧電振動子が実現できる。

以上のように、本発明に従えば基本振動の電気機械結合係数が大きく、高次振動による不要応答の小さい薄膜圧電振動子が実現でき、したがって本発明の薄膜圧電振動子を用いることにより高周波帯の不要応答が小さく、広い比帯域幅のフィルタ及び制御範囲の広い発振器を提供することができる。

以下実施例に従って本発明を具体的に説明する。

〔実施例1〕

表面が(100)面であるようなシリコン基板にスパッタリング法を用いて 0.75 μm の SiO_2 薄膜を形成した。 SiO_2 薄膜上に Cr を下地として Au を蒸着した後、フォトリソグラフィにより部分電極を形成し、次にスパッタリング法を用いて 5 μm の ZnO 薄膜を形成した。さらに ZnO 薄膜の上にリフトオフによって Al の部分電極を形成した後、スパッタリング法を用いて 0.75 μm の SiO_2 薄膜を形成した。次にシリコン基板の裏面に形成

速はそれぞれ 8430m/s 、 5960m/s であり、したがってシリコン薄膜の厚さに対する SiO_2 薄膜の厚さの比は音速の比 0.71 に等しい。次にシリコン基板の裏面に形成した Si_3N_4 薄膜をマスクとして振動部位にあたるシリコン基板をエチレンジアミン、ピロカテコール及び水からなるエッチング液によって除去し空孔を形成した。上記のような工程によって第3図の構造の薄膜圧電振動子を製造した。この薄膜圧電振動子のインピーダンス特性は第8図のようであり、インピーダンス特性から求めた基本振動の電気機械結合係数 k^2 は第6図の値に一致し、0.077であった。また第8図からわかるように偶数次の高次振動はまったく励振されず、第5次の高次振動が小さく励振され、第3次の高次振動は励振されるが極めて小さい。

以上のように本発明に従えば、基本振動の電気機械結合係数が大きく高次振動による不要応答が小さいという実用上極めて重要な特長を有する薄膜圧電振動子が実現でき、したがって本発明の薄膜圧電振動子を使用することにより高周波帯での

高次振動による不要応答が小さく、広い比帯域幅のフィルタ及び制御範囲の広い発振器を提供できる。

図面の簡単な説明

第1図は従来の薄膜圧電振動子の構造を示す断面図であり、11はシリコン、水晶などからなる基板、12はエッチングによって基板に形成した空孔、13は薄膜部材、14は圧電薄膜、15、16は対向する電極である。

第2図は第1図の構造の薄膜圧電振動子の電気機械結合係数 k^2 の理論曲線を示す図である。図中の曲線に記した数字は振動の次数を示す。

第3図は本発明の薄膜圧電振動子の構造を示す断面図であり、31はシリコン、水晶などからなる基板、32はエッチングによって基板に形成した空孔、33及び34は薄膜部材、35は圧電薄膜、36、37は対向する電極である。

第4図は第3図の構造の薄膜圧電振動子について薄膜部材34の厚さ t_{34} と薄膜部材33の厚さ

t_{33} の比 t_{34}/t_{33} に対する電気機械結合係数 k^2 の変化を示す図である。図中の曲線に記した数字は振動の次数を示す。

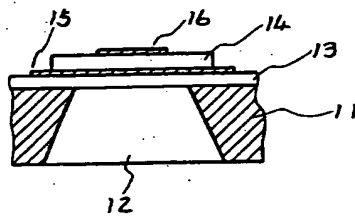
第5図は本発明の薄膜圧電振動子の振動部位における応力分布した図である。図中のA、B、C、Dにおいてイ、ロ、ハ、ニはそれぞれ基本振動、第2次、第3次、第4次の振動の応力分布である。図において41は圧電薄膜、42、43は薄膜部材、44、45は電極である。

第6図は本発明の薄膜圧電振動子の電気機械結合係数 k^2 の理論曲線を示す図。図中の曲線に記した数字は振動の次数を示す。

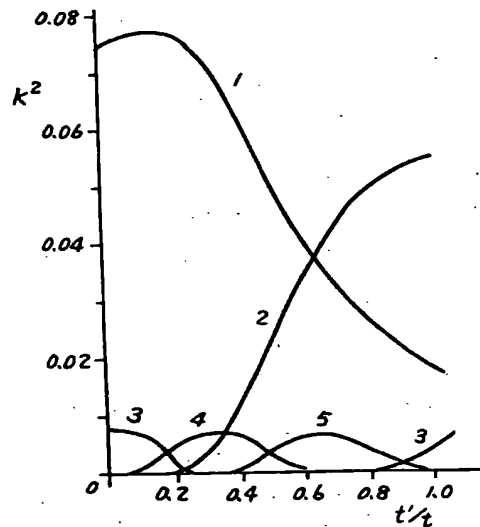
第7図、第8図はそれぞれ本発明の実施例1、実施例2の薄膜圧電振動子のインピーダンス特性を示した図である。横軸はMHz単位で表わした周波数であり、縦軸はデシベル単位で表わしたインピーダンスの相対値である。

代理人 弁理士 内原 晋

第1図

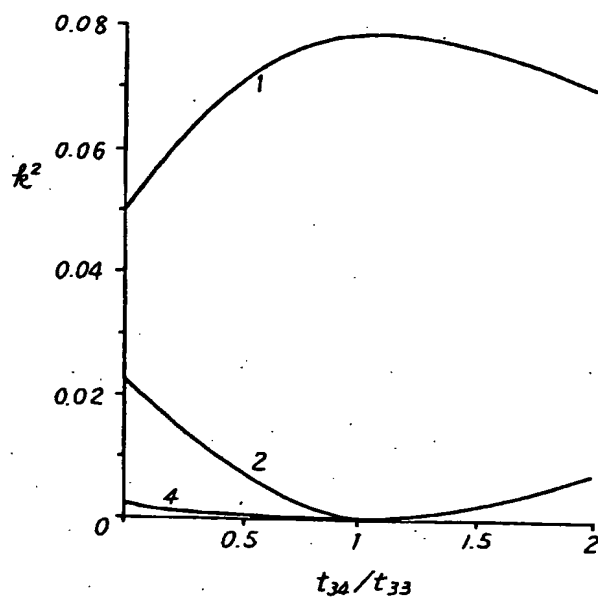
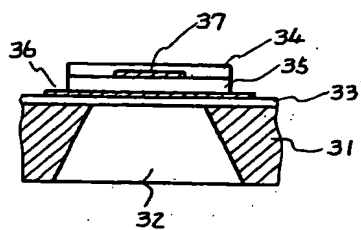


第2図



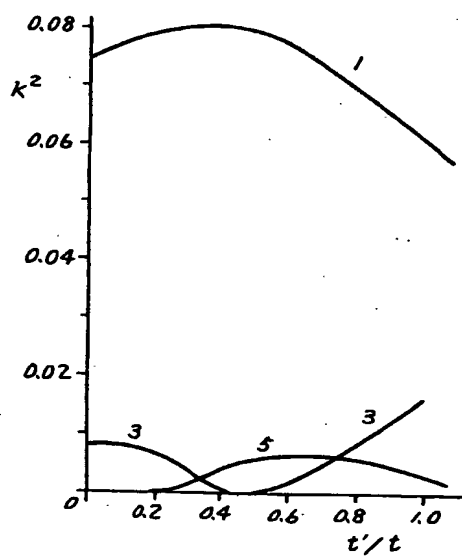
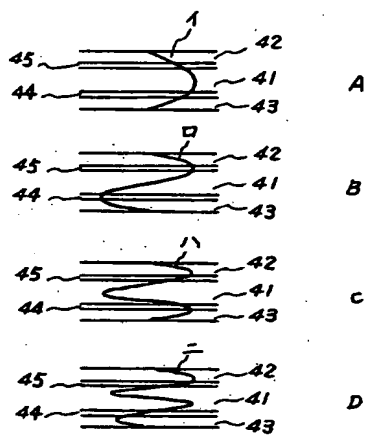
第 4 図

第 3 図

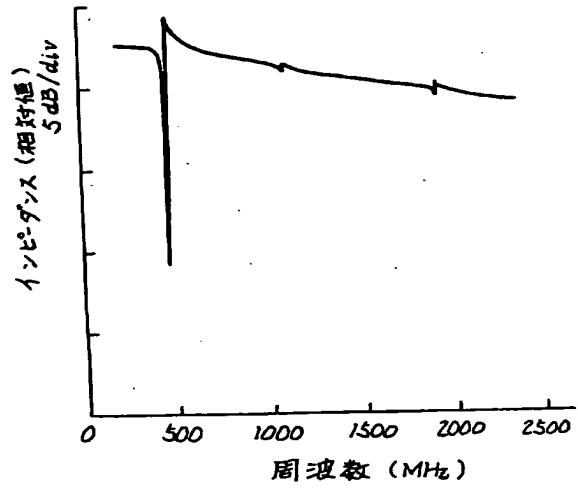


第 6 図

第 5 図



第 8 図



第 7 図

